

# EFECTO DE LA INTERRUPCION DE LA SOLARIZACION Y ADICION DE GALLINAZA SOBRE LA SOBREVIVENCIA DE PROPAGULOS DE *Cyperus rotundus*, *Rottboellia cochinchinensis* y *Bidens pilosa*

*Franklin Herrera<sup>1</sup>*

## RESUMEN

**Efecto de interrupción de la solarización y adición de gallinaza sobre la sobrevivencia de propágulos de *Cyperus rotundus*, *Rottboellia cochinchinensis* y *Bidens pilosa*.** De octubre de 1994 a febrero de 1995 se estudió en la Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno de la Universidad de Costa Rica, el efecto de la solarización continua e interrumpida y la adición o no de gallinaza (4,1 t/ha), sobre la germinación de propágulos de las malezas *Rottboellia cochinchinensis*, *Bidens pilosa* y *Cyperus rotundus*, colocadas a profundidades de 0-5; 5,1-10; 10,1-15; 15,1-25 cm. Además se evaluó el efecto sobre las malezas presentes en el banco de semillas del suelo y sobre culantro (*Coriandrum sativum*) usado como cultivo indicador. La solarización durante siete semanas redujo la germinación de propágulos de *C. rotundus*, *R. cochinchinensis* y *B. pilosa*, así como la presencia de otras malezas del banco de semillas y estimuló el crecimiento y producción del culantro usado como cultivo indicador. La interrupción de la solarización no mejoró el control de las malezas, ni el crecimiento del culantro, mientras que la adición de gallinaza en combinación con periodos de solarización de 7 semanas coadyuvó a mejorar el efecto sobre *C. rotundus* y *B. pilosa* y favoreció el crecimiento del cultivo indicador. En los tratamientos solarizados la sanidad radical del culantro fue mayor, pues no se encontraron agallas causadas por *Meloidogyne arenaria* como en el control. Se discute el posible beneficio económico de la solarización en el contexto de la planta indicadora.

**Palabras clave:** energía solar, control ambiental, calentamiento del suelo, malezas, abonos orgánicos, *Cyperus*, *Rottboellia exaltata*, *bidens*, Costa Rica.

## ABSTRACT

**Effect of the interruption of solarization and the addition of chicken manure on the survival of *Cyperus rotundus*, *Rottboellia cochinchinensis* and *Bidens pilosa* propagules.** The effect of continuous or interrupted solarization and the addition, or not, of chicken manure (4.1 t/ha, laid from 0-5, 5.1-10, 10.1-15 and 15.1-25 cm deep) on the germination of *Cyperus rotundus*, *Rottboellia cochinchinensis* and *Bidens pilosa* propagules was studied at the Fabio Baudrit Experiment Station, of the University of Costa Rica, from October 1994 to February 1995. Besides, their effect was studied on the weeds present in the soil seed bank and on the coriander (*Coriandrum sativum*), used as an indicating crop. The solarization during seven weeks reduced the germination of propagules of *C. rotundus*, *R. cochinchinensis* and *B. pilosa*, as well as of other weeds from the seed bank, and stimulated the growth and yield of the coriander. The interruption of solarization did not improve the weed control, neither the coriander growth; while the addition of manure in combining periods of solarization contributed to improve the effect on *C. rotundus*, *R. cochinchinensis* and *B. pilosa* and favoured the growth of the indicating crop. The coriander roots were healthier in the solarized treatments because no galls, caused by *Meloidogyne arenaria*, were found as in the control. The possible economic benefit of solarization on the indicating plant is discussed.

**Keywords:** solar energy, environmental control, soil heating, weeds, organic fertilizers, *Cyperus*, *Rottboellia exaltata*, *bidens*, Costa Rica.

---

<sup>1</sup> Profesor asociado, Programa de Malezas, Estación Experimental Fabio Baudrit M., Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica.

## INTRODUCCION

La técnica de capturar la energía solar mediante la utilización de coberturas plásticas transparentes para incrementar la temperatura del suelo y controlar patógenos, malezas, nematodos y otras plagas, ha sido utilizada con éxito en países como, Japón, Siria, Israel, Grecia, Italia, Egipto y Estados Unidos entre otros (Elmore 1995).

Varios autores informan sobre diferentes grados de eficacia de la solarización en el control de las malezas (Horowitz *et al.* 1983; Rubín y Benjamín 1984; Navarro *et al.* 1991; anore 1991; Rojas 1994; Herrera 1995; Calderón y Dardón 1995). Se menciona que en regiones o épocas de mayor radiación solar la eficacia de la solarización en el control de las malezas es mayor (Elmore 1991; Munro 1995), aunque también durante la estación lluviosa existen informes de control aceptable de malezas (Navarro *et al.* 1991; Rojas 1994).

La efectividad de la solarización es afectada por varios factores, tales como: la profundidad de las semillas en el perfil del suelo, la intensidad y duración de la temperatura alcanzada, las condiciones edafoclimáticas, el manejo durante la instalación de los plásticos (eras o camas bien preparadas, suelo húmedo, evitar las capas de aire entre el sueloyel plástico) y por las características propias de cada especie.

Entre algunas alternativas de manejo que podrían mejorar la eficacia de la solarización en el control de malezas, se cree, que la interrupción de ésta durante un periodo corto podría estimular la ruptura de la latencia de algunos popágulos, con lo cual un segundo periodo de solarización sería más efectivo en eliminar la viabilidad de estas estructuras. La adición de gallinaza fresca podría estimular este efecto, según observaciones hechas por Ramírez y Herrera (1995).

El objetivo de este experimento fue determinar si la interrupción de la solarización por una semana mejoraba su eficacia en el control de *Cyperus ro-*

*tundus*, *Rottboellia cochichinensis*, *Bidens pilosa* y otras especies presentes en el banco de semillas del suelo.

## MATERIALES Y METODOS

Este experimento se realizó de octubre de 1994 a febrero de 1995 en la Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno, de la Universidad de Costa Rica, ubicada en la provincia de Alajuela, distrito San José, a 10°01' de latitud norte y 84°16' longitud oeste, a una altura de 840 msnm, temperatura promedio de 22°C y una precipitación anual de 2001 mm.

Ocho 8 días antes de la colocación del plástico, se cortó y retiró la maleza presente en el lote y se construyeron eras de 3 metros de largo por 1,2 m de ancho y 0,15 m de alto. Cinco días después de construída la era, se tomaron muestras de suelo para análisis químico y seguidamente en los tratamientos respectivos se colocó gallinaza a razón de 1,5 kg/era (4,1 t/ha) y se incorporó a 0,15 m. Las características químicas de la gallinaza usada se presentan en el Cuadro 1.

Las especies de malezas evaluadas fueron, *Rottboellia cochinchinensis* (Zacate Indio), *Bidens pilosa* (Moriseco) y *Cyperus rotundus* (Coyolillo). Semillas de las dos primeras especies fueron recolectadas 15 días antes del inicio en lotes contiguos al sitio del experimento y se mantuvieron en cámara fría; estas semillas se mezclaron con suelo del lote donde se ubicó el experimento y se colocaron en bolsas de malla sintética de "nylon" color negro de 0,25 m de largo y 0,05 m de ancho, las cuales, inmediatamente antes de la colocación del plástico, se enterraron en posición vertical, de manera que las semillas quedaron ubicadas en el perfil del suelo desde los 0 hasta los 0,25 m de profundidad. En el caso de *C. rotundus*, los tubérculos fueron extraídos dos días antes de cada siembra, de un lote altamente infestado con esta maleza y contiguo al experimento, posteriormente se colocaron en las mallas de tela sintética, pero sin suelo y se enterraron de la misma forma antes descrita. Para identificar la ubicación de cada bolsa, se amarró un alam-

**Cuadro 1.** Análisis químico de la gallinaza utilizada en el experimento<sup>1/</sup>, Alajuela, Costa Rica. 1995.

Variables											Conductividad mmhos/cm³	
%						mg/kg						
N P	Ca	Mg	K	S	M.O	Fe	Cu	Zn	Mn	pH		
3,7	1,1	2,6	0,6	2,2	1,8	87	113	57	340	304	7,5	3,5

<sup>1/</sup> Datos proporcionados por el Dr. Carlos Ramírez, Laboratorio Microbiología, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica.

bre de colores al extremo superior de cada una de ellas.

Inmediatamente antes de colocar el plástico transparente, la era se niveló y se regó hasta saturación. El espesor del plástico utilizado fue de 1,5 milésimas de pulgada (0,038 mm), el cual se colocó en forma ajustada a la era, para evitar bolsas de aire que disminuyeran la transmisibilidad del calor, luego se selló en los bordes con tierra.

Para registrar datos de humedad y temperatura se instaló un geotermógrafo y dos termopares con celdas a los 5, 10 y 15 cm de profundidad, uno de ellos fue instalado en el testigo sin solarizar y otro

en un tratamiento con solarización continua por siete semanas.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y 9 tratamientos que incluyeron dos periodos de solarización con o sin interrupción de la misma y presencia o ausencia de gallinaza (Cuadro 2).

Una vez retirado el plástico se procedió a extraer las semillas enterradas, se tomó una muestra de 40 semillas de cada especie por tratamiento y profundidad (0-5; 5,1-10; 10,1-15 y 15,1-25 cm), se sembraron en recipientes plásticos con suelo solarizado, los que se colocaron en una casa de mallas,

**Cuadro 2.** Tratamientos evaluados en el experimento, Alajuela, Costa Rica. 1994.

Testigo	=	Sin solarizar y sin gallinaza
5 + G	=	Solarizado 5 semanas, con gallinaza
2 -1 + 2 -G	=	Dos semanas solarizado, una sin solarizar y luego dos semanas solarizado, sin gallinaza
2 -1+ 2 + G	=	Dos semanas solarizado, una sin solarizar y luego dos semanas solarizado, con gallinaza
7 - G	=	Solarizado 7 semanas, sin gallinaza
4 -1 + 2 - G	=	Cuatro semanas solarizado, una sin solarizar y luego dos semanas solarizado, sin gallinaza.
7 + G	=	Solarizado 7 semanas, con gallinaza
4 -1 + 2 + G	=	Cuatro semanas solarizado, una sin solarizar y luego dos semanas solarizado, con gallinaza.
4 - IR + 2 + G	=	Cuatro semanas solarizado, una sin solarizar con remoción superficial del suelo y luego dos semanas solarizado, con gallinaza.

donde se regó a aparición de campo y se midió el porcentaje de germinación; en este caso se tuvo un total de 36 tratamientos y cuatro repeticiones para cada especie. Los tubérculos de *Cyperus rotundus* aún dentro de las mallas, se enterraron en el campo a 3 cm de profundidad en posición horizontal, 15 días después se extrajeron y se tomó el porcentaje de germinación a cada profundidad indicada.

Posteriormente las eras se limpiaron y se sembró culantro como cultivo indicador. Cuarenta días después, se tomó la altura de planta, el peso fresco en 0,25 ml y se hicieron observaciones sobre sanidad radical de las plantas.

## RESULTADOS

### Efecto de la solarización en la temperatura del suelo

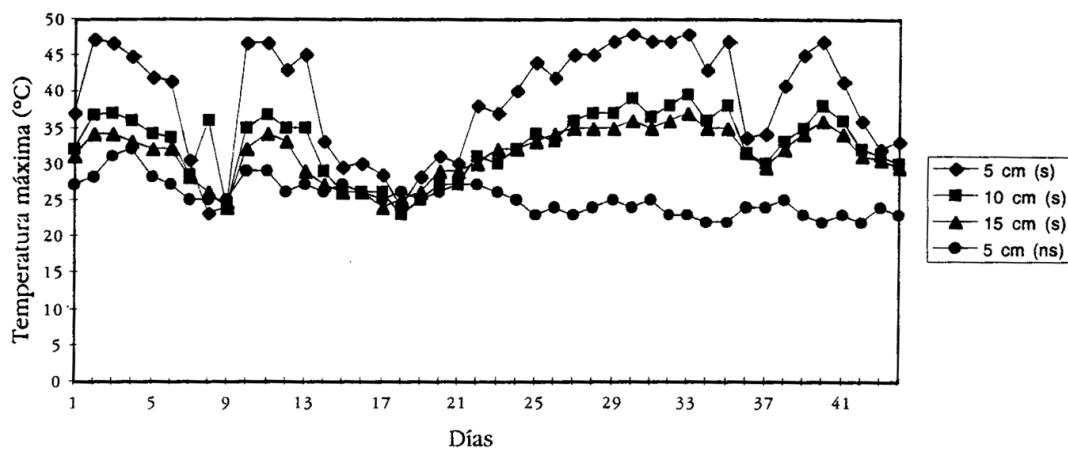
Con ayuda de geotermógrafos se midió en forma continua la temperatura del suelo a los 5, 10 y 15 cm de profundidad en los tratamientos solarizado y sin solarizar; los valores más altos de la temperatura máxima se alcanzaron en los primeros 5 cm de suelo, disminuyendo marcadamente a los 10 y 15 cm de profundidad (Figura 1). Varios autores también informan que durante la solarización la mayor temperatura se alcanza en la parte superficial del suelo y disminuye con la profundidad (Stapleton 1991; Herrera y Ramírez 1996). Según Munro (1995), los modelos desarrollados en México indican que la solarización es efectiva para controlar malezas cuando se alcanzan temperaturas en el suelo superiores a 43 °C, siendo necesario en esta condición 4 o más semanas de solarización, mientras que a 50 °C se requiere de 2 semanas para obtener buen control de malezas. En este experimento la temperatura máxima registrada fue de 48 °C pero por periodos muy cortos, mientras que los 43 °C se alcanzaron en todos los tratamientos solarizados, siendo el tratamiento solarizado por 7 semanas en forma continua el que se mantuvo por más tiempo a esa temperatu-

ra (69 horas), y el menor, el tratamiento de solarización fraccionada por 5 semanas, con 47 horas a 43 °C. Los tratamientos donde la solarización se interrumpió durante una semana recibieron 8 horas menos de temperatura a 43 °C, que aquellos análogos donde la solarización fue continua (Cuadro 3). En el tratamiento sin solarizar o en los solarizados a 10 y 15 cm de profundidad, en ningún momento se alcanzaron los 43 °C.

Durante el día la temperatura máxima se registró entre la 1 y las 2 de la tarde, mientras que la temperatura mínima ocurrió entre las 6 y 7 de la mañana. Considerando que la solarización se realizó durante noviembre y mitad de diciembre, que es la parte final de la estación lluviosa, la temperatura alcanzada en la parte superficial del suelo está en el rango de 35 a 60 °C indicado para solarización (Stapleton 1991); se espera que en condiciones de mayor radiación solar la temperatura en el suelo sea mayor (Stapleton 1991; Munro 1995).

### Efecto sobre algunas características químicas del suelo

Al comparar los análisis de suelo hechos antes y después de la solarización, no se observaron grandes cambios en el contenido de los diferentes elementos, a excepción del contenido de potasio, la acidez que pasó de baja a media y el cobre que pasó de alto a medio cuando se solarizó (Cuadro 4). Algunos autores mencionan que la solarización mejora las condiciones fisicoquímicas del suelo y permite una mayor disponibilidad de nutrientes del suelo (Stapleton 1991; Stapleton *et al.* 1985), particularmente el nitrógeno procedente del amonio y del nitrato es el que más aumenta con la solarización (Stapleton 1991; Linke *et al.* 1991; Barakat 1991). Aunque en este experimento no se analizó el contenido de nitrógeno, Ramírez (1995) en un experimento simultáneo hecho en la misma localidad, encontraron incrementos significativos en el contenido de nitrato y amonio al solarizar el suelo.



**Fig. 1.** Temperatura máxima durante el experimento a los 5, 10 y 15 cm de profundidad en el suelo con cobertura plástica (s) y a 5 cm de profundidad sin cobertura plástica (ns). Alajuela, Costa Rica. 1995.

**Cuadro 3.** Horas con temperatura a 43°C a 5 cm de profundidad en tratamientos con solarización. Alajuela, Costa Rica. 1994.

Periodo de solarización	horas a 43°C
5 semanas continua	55
2 -1 + 2	47
7 semanas continua	69
4 -1 + 2	61

significativas entre los tratamientos de solarización y entre profundidades, pero no para la interacción de estos con la profundidad a la cual se ubicaron los

**Cuadro 4.** Análisis químico del suelo antes e inmediatamente después de solarizar. Alajuela, Costa Rica. 1995.

Elementos	Antes de solarizar	Después de solarizar
pH en agua	5,8	5,6
Ca cmol/l	9,5	8,9
Mg cmol/l	2,9	2,8
K cmol/l	0,7	1,1
acidez cmol/l	0,4	1,1
CICE cmol/l	13,5	13,9
P mg/l	19,0	15,0
Cu mg/l	21,0	18,0
Fe mg/l	266,0	209,0
Mn mg/l	14,0	11,0
Zn mg/l	2,1	2,6

### Efecto sobre la germinación de tubérculos de *C. rotundus*

Se analizó el efecto de la solarización sobre esta especie mediante tres métodos diferentes: tubérculos enterrados en mallas de "nylon", extracción de tubérculos del banco de semillas con cilindros metálicos y recuento de plantas de coyolillo en 0,25 m<sup>2</sup> de era a los 30 días de retiradas las coberturas plásticas. Cuando los tubérculos fueron enterrados en las mallas de "nylon", se encontraron diferencias

tubérculos, lo que sugiere que los diferentes tratamientos tuvieron un efecto similar a través del perfil del suelo.

Inicialmente se propuso la hipótesis, de que una interrupción de la solarización podría estimular la germinación de tubérculos y semillas latentes, las cuales serían eliminadas por un segundo periodo de solarización; sin embargo, cuando se analizó el comportamiento de los tubérculos que estuvieron en las mallas de "nylon", se encontró que tanto en periodos de 5 como de 7 semanas, la interrupción de la solarización durante una semana no mejoró significativamente su efecto negativo (Cuadro 5). Los periodos de solarización de 7 semanas, ya fuera en forma continua o con una interrupción de una semana fueron más efectivos en disminuir la germinación de los tubérculos de coyolillo, mientras la adición de gallinaza solo mejoró levemente el efecto de la solarización; resultados que coinciden con los obtenidos por Herrera y Ramírez (1996) en un estudio similar. Al extraer los tubérculos del suelo, se

observó que la mayoría de ellos habían germinado, pero la solarización prolongada impidió que sobrevivieran, la consistencia final de estas estructuras fue seca y harinosa.

Cuando se extrajeron los tubérculos del banco de semillas mediante cilindros metálicos, se encontró que de los 0 a los 20 cm de profundidad, todos los tratamientos evaluados causaron un alto porcentaje de mortalidad de los tubérculos, mientras que, de 20 a 30 cm de profundidad en aquellos tratamientos donde se interrumpió la solarización, la mortalidad de tubérculos fue menor (Cuadro 6). Esto se debió a la menor temperatura que ocurrió a esa profundidad, por lo que se requiere de periodos de solarización más prolongados para afectar los propágulos de coyolillo (Horowitz *et al.* 1983; Sandifer *et al.* 1984; Barakat 1991; Elmore 1991). Un resultado contrario se obtuvo en el tratamiento donde se aprovechó la interrupción de la solarización para remover el suelo, en este caso, se aumentó la mortalidad debido a que los tubérculos que estaban en

**Cuadro 5.** Efecto de la solarización continua e interrumpida con y sin gallinaza sobre el porcentaje de germinación de propágulos de *Cyperus rotundus*, *Rottboellia cochinchinensis* y *Bidens pilosa*, procedentes de las mallas de "nylon". Alajuela, Costa Rica. 1995.<sup>1/</sup>

Tratamiento <sup>2/</sup>	<i>C. rotundus</i>	<i>R. cochinchinensis</i>	<i>B. pilosa</i>
0 (Testigo)	84 a 31	81 a	89 a
5 + G	64 ab	5 c	77 ab
2 -1 + 2 + G	65 ab	8 c	83 ab
2 -1 + 2 - G	31 bcd	16 bc	82 ab
7 - G	21 cd	32 bc	21 c
4 - 1 + 2 - G	17 d	21 bc	49 abc
7 + G	8 d	22 bc	27 c
4 - 1 + 2 + G	0 d	24 bc	43 bc
4 - 1R + 2 + G	9 d	27 bc	24 c

<sup>1/</sup> La descripción del tratamiento se presenta en el Cuadro 2.

<sup>2/</sup> Los datos corresponden a la transformación arcoseno de la  $\sqrt{\%}$  de germinación y son el promedio de todas las profundidades.

<sup>3/</sup> Promedios con igual letra en una misma columna presentan diferencias no significativas entre sí según prueba de Tukey al 5 %.

**Cuadro 6.** Efecto de la solarización sobre el porcentaje de mortalidad de tubérculos de *Cyperus rotundus*, extraídos a tres profundidades de suelo mediante cilindros metálicos. Alajuela, Costa Rica. 1995.

Tratamiento <sup>1/</sup>	% de tubérculos muertos <sup>2/</sup>		
	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm
5 + G	100 a <sup>3/</sup>	100 a	100 a
2-1 + 2 + G	100 a	96 a	81 bc
2-1 + 2 - G	100 a	100 a	93 ab
7 - G	100 a	100 a	100 a
4-1 + 2 - G	100 a	100 a	78 c
7+ G	95 b	86 b	94 ab
4 - 1 + 2 + G	100 a	98 a	54 d
4 - 1 + 2 + R + G	100 a	95 a	100 a
Valor DMS	0,9	5,0	14,2
Coefficiente de variación (%)	0,5	2,9	9,2

<sup>1/</sup> La descripción de los tratamientos se presentan en el Cuadro 2.

<sup>2/</sup> Para este caso se presentan porcentajes reales.

<sup>3/</sup> Porcentajes promedio con igual letra dentro de una misma columna presentan diferencias no significativas entre sí, según la prueba de DMS al 5 %.

las capas más profundas pasaron a las capas superficiales y ahí fueron más afectados por la alta temperatura generada en la segunda solarización. Con este segundo método de evaluación, para la determinación del porcentaje de mortalidad, se consideraron los tubérculos secos Y podridos en el campo, más los que, generando alguna duda de estar muertos, no germinaron en invernadero luego de ser colocados en condiciones de germinación durante 22 días.

Cuando la evaluación del efecto de la solarización sobre el coyolillo se hizo contando el número de plantas en 0,25 m<sup>2</sup> a los 30 días después de retirar las coberturas plásticas, se encontró que todos los tratamientos de solarización redujeron la población de coyolillo, sin embargo, la cantidad de plantas presentes fue relativamente alta si se compara con los resultados de mortalidad de tubérculos obtenida por el método de muestreo de suelo median-

te los cilindros metálicos, esto se debe a que el recuento de plantas es el resultado de la germinación de tubérculos sobrevivientes en todas las profundidades. La sobrevivencia de estos tubérculos, se debió probablemente a la variabilidad genética entre ellos, a efectos de micrositos y especialmente a su ubicación dentro del perfil del suelo, ya que entre mayor sea la profundidad la temperatura es menor que la registrada en los primeros 5 cm de suelo. A diferencia de los dos métodos de evaluación anteriores, el recuento de plantas en una área definida no permite medir la mortalidad de tubérculos a través del perfil del suelo, aunque sí, nos da una idea más precisa de la población de coyolillo que se presenta en el campo solarizado durante esa fase, que comprende el periodo crítico de competencia de muchos cultivos hortícolas.

En los tres casos y con una población natural de coyolillo sumamente alta, se confirma que los

tratamientos de solarización por 7 semanas fueron eficaces en reducir la población de coyolillo, y aún cuando no eliminaron todos los propágulos, estos resultados pueden catalogarse como satisfactorios, ya que según Elmore (1995) y Labrada (1995), el *C. rotundus* es una de las malezas de difícil control por solarización. En forma similar y en la misma localidad, Herrera (1996), observó reducciones en la población de coyolillo cuando se solarizó el suelo por más de 4 semanas. Navarro, et al. (1991) también obtuvieron una reducción significativa en la población de coyolillo cuando mantuvieron la solarización hasta acumular 177 horas de brillo solar.

### **Efecto sobre *Rottboellia cochinchinensis***

Al analizar el efecto de los tratamientos sobre las semillas de zacate indio que fueron enterradas artificialmente en las mallas de nylon, solamente se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de solarización y entre profundidades, sin interacción significativa entre ellas.

Todos los tratamientos redujeron la germinación de las semillas; la interrupción de la solarización durante una semana o la adición de gallinaza no mejoraron significativamente el efecto de la solarización sobre estos propágulos, logrando sobrevivir hasta un 30 % de los mismos (Cuadro 4); resultados muy similares se obtuvieron en otro experimento conducido simultáneamente por Herrera y Ramírez (1996).

Al hacer el recuento de plantas de zacate indio presentes en la era, 30 días después de retiradas las coberturas plásticas, se encontró una población muy similar a la registrada en el testigo (Cuadro 7), lo que coincide con los resultados encontrados al enterrar artificialmente las semillas. Esto nos indica que un porcentaje relativamente alto de las semillas de esta maleza pueden sobrevivir a periodos de solarización como los evaluados en este experimento.

### **Efecto sobre *Bidens pilosa***

Cuando las semillas de esta maleza fueron enterradas en las mallas de nylon, se encontró que periodos de solarización continua o interrumpida de 5 semanas no la afectaron, mientras que con 7 semanas de solarización sí hubo una fuerte reducción en la germinación de las semillas; en este caso el interrumpir el periodo de solarización durante una semana, contrario a lo esperado, favoreció la sobrevivencia de la semillas a la solarización (Cuadro 5), probablemente se deba a que esta especie tenga una temperatura crítica superior más alta que la temperatura alcanzada en estas condiciones de solarización, por lo que se requeriría de un periodo de solarización más prolongado para obtener mejor control. En este sentido, se sabe que la efectividad de la solarización es mayor cuando se sobrepasa la temperatura crítica superior de la especie, o bien, cuando se mantiene por un periodo prolongado la temperatura alta pero inferior al punto crítico superior, (Horowitz *et al.* 1983; Sandifer *et al.* 1984; Barakat 1991; Elmore 1991; Herrera 1995).

Resultados diferentes se encontraron cuando se contaron las plantas de moriseco en 0,25 m<sup>2</sup> a los 30 días después de retiradas las coberturas plásticas, en este caso, en todos los tratamientos de solarización no se detectaron plantas de esta especie, mientras que en el testigo hubo una población de 9 plantas/0,25 m<sup>2</sup>.

Esta marcada diferencia pudo deberse a que las semillas de moriseco presentes en el banco de semillas, por diferentes razones, estuvieran en una condición más sensible a la solarización que las semillas cosechadas y colocadas en las mallas de nylon; por otro lado la incidencia de luz solar directa sobre las semillas de moriseco favorece su germinación (Rocha 1985)), por lo que puede suponerse que semillas enterradas a mucha profundidad (10-30 cm) aún cuando sobrevivieran no germinarían por falta del estímulo luminoso o por falta de reservas para emerger; sin embargo al sacar muestras de semillas



**Cuadro 7.** Efecto de los tratamientos de solarización y adición de gallinaza sobre el número de malezas por especie que germinaron en 0,25 m<sup>2</sup> de era, 30 días después de retirado el plástico. Alajuela, Costa Rica. 1995.

Especie de maleza	Testigo	Tratamientos de solarización <sup>1/</sup>							
		5+G	2-1+ 2+G	2-1+ 2-6	7-6	4-1+ 2-G	7+G	4-1+ 2+G	4-1R +2+G
<i>Cyperus rotundus</i>	45	8	25	18	12	7	10	11	13
<i>Rottboellia</i> sp.	2	1	1	1	3	4	2	2	2
<i>Bidens pilosa</i>	9	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cynodon dactylon</i>	2	3	3	4	1	1	1	2	3
<i>Brachiaria plantaginea</i>	0	1	3	0	2	1	2	1	1
<i>Ixophorus unisetus</i>	3	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Digitaria</i> sp.	5	1	4	4	3	2	2	10	9
<i>Commelina diffusa</i>	2	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Portulaca oleraceae</i>	8	4	8	6	1	5	3	4	4
<i>Spermacoce</i> sp.	1	2	1	1	0	0	1	1	1
<i>Melampodium</i> sp.	3	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Galinsoga ciliata</i>	5	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Emilia fosbergii</i>	3	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Drymaria cordata</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spilathes ocyimifolia</i>	3	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Elvira biflora</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Conyza</i> sp.	3	0	0	0	0	0	0	0	0

<sup>1/</sup> Datos reales, promedio de 4 repeticiones. La descripción de los tratamientos se presentan en el Cuadro 2.

de moriseco del banco de semillas a diferentes profundidades y ponerlas a germinar en una casa de mallas se obtuvo el mismo resultado, mientras que con las semillas enterradas artificialmente en las bolsas de nylon, sí se logró que bs semillas sobrevivientes germinaran (Cuadro 8); lo cual respalda la primera hipótesis.

En suelo solarizado las malezas coyolillo y moriseco mostraron mayor sobrevivencia cuando los propágulos estuvieron a mayor profundidad, mientras que con zacate indio ocurrió lo inverso (Cuadro 8); en el primer caso el comportamiento era de esperar puesto que la solarización es más efectiva en las capas superficiales, donde se alcanzan las mayores temperaturas, mientras que el segundo caso puede deberse a que sus semilla no so-

portan estar enterradas a mucha profundidad en condiciones húmedas, ya que según Morales y Herrera (1995), en otro experimento similar observaron que esta especie presentó un mayor número de semillas podridas cuando se enterraron entre 20 y 30 cm de profundidad, estos resultados coinciden con lo observado en suelo no solarizado, donde el porcentaje de germinación de las semillas de zacate indio se redujo cuando estuvieron enterrados a más de 15 cm de profundidad (Cuadro 8).

### **Efecto sobre otras malezas presentes en el banco de semillas del suelo**

El recuento de malezas por especie en 0,25 m<sup>2</sup> a los 30 días de retiradas las coberturas plásticas

**Cuadro 8.** Porcentaje de germinación de propágulos de *C. rotundus*, *R. cochinchinensis* y *B. pilosa* procedentes de las mallas de nylon enterrados a diferentes profundidades en suelo solarizado y no solarizado. Alajuela, Costa Rica. 1995.

Profundidad (cm)	Porcentaje de germinación					
	Solarizado 1/			No solarizado		
	<i>Cyperus</i>	<i>Rottboellia</i>	<i>Bidens</i>	<i>Cyperus</i>	<i>Rottboellia</i>	<i>Bidens</i>
0-5	26 b 21	32 a	45 b	87	42	89
5,1-10	37 ab	32 a	68 a	88	15	89
10,1-15	38 ab	25 ab	59 ab	88	50	89
15,1-25	50 a	21 b	59 ab	88	7	89

1/ Promedios de todos los tratamientos solarizados

2/ Promedios con igual letra en una misma columna presentan diferencias no significativas entre sí según prueba de Tukey al 5 %.

(Cuadro 7), nos muestra que las especies *Cynodon dactylon*, *Brachiaria plantaginea*, *Digitaria* sp, *Portulaca oleraceae*, *Spermacoce* sp y *Commelina diffusa* fueron poco afectadas por la solarización; mientras que *Ixophorus unisetus*, *Melampodium* sp, *Galinsoga ciliata*, *Emilia fosbergii*, *Drymaria cordata*, *Spilanthes ocyimifolia*, *Elvira biflora* y *Conyza* sp, aparecieron solo en el testigo sin solarizar. Herrera (1995) en un experimento similar, también encontró que propágulos de las especies *Digitaria* sp., *Cyperus rotundus*, *Cynodon dactylon* y *Portulaca oleraceae* sobrevivieron a periodos de solarización similares a los evaluados en este experimento. Al respecto, Elmore (1995), indica que mientras algunas especies de malezas son muy sensibles a la solarización del suelo, otras son moderadamente resistentes y requieren de condiciones especiales para ser controladas por este método; así por ejemplo, semillas sexuales de *C. dactylon* son sensibles a la solarización no así las estructuras de reproducción asexual, que en el caso de este experimento fueron las que dieron origen a las plantas observadas. *Digitaria sanguinalis* y *Portulaca oleraceae* son moderadamente resistentes, e inclusive, se cita que si la verdolaga esta presente y es controlada es indicador de una buena solarización del suelo, mientras

que *Coniza canadensis* y *Commelina diffusa* son más sensibles (Elmore 1995). En el caso de *Coniza* sp. e *Ixophorus unisetus*, si bien la germinación superficial en el campo solarizado fue nula, cuando se tomaron muestras de ese suelo a diferentes profundidades y se colocaron en condiciones de germinación en la casa de mallas, se obtuvo germinación en todos los tratamientos y profundidades, lo que indica que muchas semillas quedaron vivas. Otras especies que también germinaron en casa de mallas a varias profundidades fueron *Digitaria* sp, *Portulaca oleraceae*, *Spermacoce* sp, y *Galinsoga ciliata*. En estos casos, si se disturba el suelo después de solarizado, podría esperarse un incremento en la población de plántulas de estas especies.

### Efecto sobre el cultivo indicador (culantro)

En todos los casos la solarización favoreció una mayor altura de plantas y mayor producción de culantro comparado al tratamiento que no fue solarizado. La interrupción de la solarización durante una semana o la adición de gallinaza no mejoraron el efecto de la solarización en la producción de culantro (Cuadro 9).

La mayor producción de culantro en las parcelas solarizadas probablemente se debió a la menor incidencia de malezas, y del nemátodo *M. arenaria* que estuvo presente solo en las raíces del culantro que creció en las eras no solarizadas. El efecto estimulador de la solarización en el crecimiento del cultivo es un fenómeno frecuentemente observado y se atribuye al control de las plagas, malezas, liberación de nutrimentos del suelo y a alteraciones de la microbiota del suelo que favorecen a los antagonistas de patógenos y mejora las condiciones físico-químicas del suelo (Stapleton y DeVay 1982; Stapleton y DeVay 1986; Linke *et al.* 1991; Barakat 1991).

El hecho que la producción del culantro resultara similar cuando la solarización fue continua o interrumpida resulta ventajoso desde un punto de vista económico, dado que se puede evitar el costo de retirar los plásticos y colocarlos de nuevo. Aunque sin diferencias significativas, la adición de ga-

llinaza con periodos de solarización de 7 semanas mostró mayor producción de culantro y mayores ingresos por su venta, además, es probable que a mediano plazo la gallinaza podría ayudar a mantener una mejor fertilidad del suelo.

### Conclusiones:

La solarización durante siete semanas redujo la germinación de propágulos de *C. rotundus*, *R. cochinchinensis* y *B. pilosa*, así como la presencia de otras malezas del banco de semillas y estimuló el crecimiento y producción del culantro usado como cultivo indicador. La interrupción de la solarización no mejoró el control de las malezas, ni el crecimiento del culantro, mientras que la adición de gallinaza en combinación con periodos de solarización de 7 semanas coadyuvó a mejorar el efecto sobre *C. rotundus* y *B. pilosa* y favoreció al cultivo indicador.

**Cuadro 9.** Efecto de la solarización y gallinaza en la altura y peso fresco del culantro y valor de la cosecha por m<sup>2</sup> de cultivo. Alajuela, Costa Rica. 1995.

Tratamiento <sup>1/</sup>	peso fresco (g/0,25 m <sup>2</sup> )	Altura planta (cm)	Valor <sup>3/</sup> €/m <sup>2</sup>
Testigo	225 b <sup>2/</sup>	13,8 b	150
5 + G	684 a	26,8 a	456
2 -1 + 2 + G	639 a	28,5 a	426
2 -1 + 2 -G	658 a	26,5 a	439
7 - G	692 a	25,8 a	461
4 - 1 + 2 - G	700 a	27,0 a	467
7 + G	758 a	27,5 a	505
4 -1 + 2 + G	772 a	26,8 a	514
4 - IR + 2 + G	796 a	28,5 a	531
Valor de DMS	167	3,6	
Coefficiente de variación (%)	17,4	9,8	

<sup>1/</sup> La descripción del tratamiento se presenta en el Cuadro 2.

<sup>2/</sup> Promedios con igual letra dentro de una misma columna presentan diferencias no significativas entre sí, según la prueba de DMS al 5 %.

<sup>3/</sup> 1 US\$ = ₡ 198,63.

### Agradecimiento:

Este trabajo se financió con aportes de la Universidad de Costa Rica por medio del Proyecto # 736-95-216 y de presupuesto de la Estación Experimental Fabio Baudrit. Se agradece la colaboración de: la compañía Pipasa por el apoyo através del proyecto I2-Gallinaza, a la compañía Yamber por facilitar las coberturas plásticas, al Lic. Hugo Herrera del Instituto Meteorológico Nacional por facilitarnos geotermógrafos, y en forma especial a los Doctores Marco Vinicio Gutiérrez y Carlos Ramírez por la asesoría brindada y al personal de apoyo de los Programa de Malezas, Agroambiente y Estudios Económicos por el trabajo de campo realizado y la ayuda en la toma y procesamiento de datos.

### LITERATURA CITADA

- BARAKAT, EA 1991. Weed control in vegetables by soil solarization. *In: proceeding of the International Conference on Soil Solarization*. O., 1990, Amman, Jordan). 1991. Soil solarization. FAO. Roma, Italia. (Paper 109). p.155-165.
- CALDERON, B.L.F.; DARDON, A.D.E. 1995. Evaluación de películas plásticas para solarizado y posterior uso como acolchado en arveja china. *In: Taller Regional de Solarización del Suelo*. (1., 1995, Honduras). 1995. Memoria Taller de solarización del suelo. FAO. Roma, Italia. p. 9-11.
- ELMORE, C. 1991. Use of solarization for weed control. *In: Proceeding of the International Conference on Soil Solarization*. (1., 1990, Amman, Jordan). 1991. Soil solarization. FAO. Roma, Italia. (Paper 109). p.129-128
- ELMORE, C. 1995. Soil solarization, a non pesticidal method for controlling diseases, nematodes and weed. *In: Taller Regional de Solarización del Suelo*. (1.,1995, Honduras). 1995. Memoria Taller de solarización del suelo. FAO. Roma, Italia. p. 27-41.
- HERRERA, M.F. 1995. Efecto de la solarización en el control de *Cyperus rotundus* L. (Coyolillo) y otras malezas en el banco de semillas del suelo. *Boletín Tecnico Estación Experimental Fabio Baudrit M.* (C. R.). 28(2): 35-46.
- HERRERA, M.F. 1995. La solarización en Costa Rica. *In: Taller Regional de Solarización del Suelo*. (1.,1995, Honduras). 1995. Memoria Taller de solarización del suelo. FAO. Roma, Italia. p.1-3.
- HERRERA, M.F.; RAMIREZ, C. 1996. Efecto de periodos de solarización y adición de gallinaza sobre la sobrevivencia de propágulos de *Cyperus rotundus*, *Rottboellia cochinchinesis* y *Bidens pilosa*. *Agro-nomía Mesoamericana*. (En Prensa).
- HOROWITZ, M.; ROGER, Y; HERLINGER, G. 1983. Solarization for weed control. *Weed Science* 31:170-179.
- KATAN, J.; GREENBURGER, A.; ALON, H.; GRINSTEIN, A. 1976. Solar heating by polyethylene mulching for control of diseases caused by soilborne pathogens. *Phytopathology* 66(5):683-688.
- LABRADA, R. 1995. El desarrollo actual de la solarización del suelo. *In: Taller Regional de Solarización del Suelo*. (1.,1995, Honduras). 1995. Memoria Taller de solarización del suelo. FAO. Roma, Italia. p. 21-25.
- LINKE, H.K.; SAXENA, C.M.; SAUERBORN, J.; MASRI, H. 1991. Effect of soil solarization on the yield of food legumes and on pest control. *In: Proceeding of the International Conference on Soil Solarization*. (1., 1990, Amman, Jordan). 1991. Soil solarization. FAO. Roma, Italia. (Paper 109), p.139-154.
- MORALES, J.G.; HERRERA, M.F. 1995. Efecto de solarización sobre malezas en almácigos de chile dulce. Alajuela, C. R., Instituto Tecnológico de Costa Rica y Estación Experimental Fabio Baudrit. (Correspondencia personal).

- 
- MUNRO, D. 1995. Condiciones necesarias para lograr eficiencia en la desinfestación solar del suelo (solarización). *In: Taller Regional de Solarización del Suelo*. 0.,1995, Honduras). 1995. Memoria Taller de solarización del suelo. FAO. Roma, Italia. p. 55-59.
- NAVARRO, J..R; MORA, D.; DIAZ,J.; VILCHEZ, H.; CORRALES, E. 1991. Efecto de la solarización del suelo sobre la población de malezas y del hongo *Rhizoctania solani*, durante la estación lluviosa en Alajuela, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 150 - 2):93-98.
- RAMIREZ, C. 1995. Contenidos de nitrógeno y germinación de *Cyperus rotundus* en suelos solarizados. Alajuela, C. R, Estación Experimental Fabio Baudrit M. (Comunicación personal).
- ROCHA, N.O. 1985. Germinación, supervivencia y flujo poblacional y reproducción de *Bidens pilosa* bajo diferentes regímenes agrícolas. Tesis Lic. San José, C.R, Escuela de Biología. 78 p.
- ROJAS, A.G. 1994. Efecto de la solarización y algunos desinfectantes de suelo en el control de malezas en camas de germinación. Trabajo de graduación, Instituto Tecnológico de Costa Rica, San Carlos, C.R. 46 p.
- RUBIN, B.; BENJAMIN, A. 1984. Solar heating of the soil: involment of environmental factors in the weed control process. *Weed Science* 32: 138 - 142.
- STANDIFER, L.C.; WILSON, P.W.; PORCHE - SORBET, R. 1984. Effects of solarization on soil weed populations. *Weed Science* 32: 569 - 573.
- STAPLETON, J.J.; QUICK, J.; DeVAY, J.E. 1985. Soil solarization: effect on soil properties, crop solarization, and plant growth. *Soil Biology and Biochemistry* 17: 369 - 373.
- STAPLETON, J.J. 1991. Thermal inactivation of crop pest and pathogens and other soil changes caused by solarization. *In: Proceeding of the International Conference on Soil Solarization*. (1., 1990, Amman, Jordan). 1991. Soil solarization. FAO. Roma, Italia. (Paper 109). p. 37 - 47.
-